

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

**EXPRESS MAIL NO. EV351234855US**

Applicant : Akihiro Oota  
Application No. : N/A  
Filed : July 31, 2003  
Title : PATTERN-MATCHING PROCESSING METHOD AND IMAGE  
PROCESSING APPARATUS

Grp./Div. : N/A  
Examiner : N/A

Docket No. : 50857/DBP/A400

**LETTER FORWARDING CERTIFIED  
PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

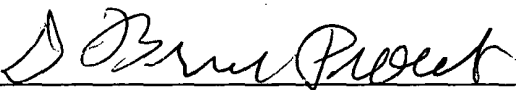
PostOffice Box 7068  
Pasadena, CA 91109-7068  
July 31, 2003

Commissioner:

Enclosed is a certified copy of Japanese Patent Application No. 2002-223819, which was filed on July 31, 2002, the priority of which is claimed in the above-identified application.

Respectfully submitted,

CHRISTIE, PARKER & HALE, LLP

By   
D. Bruce Prout  
Reg. No. 20,958  
626/795-9900

DBP/aam

Enclosure: Certified copy of patent application

AAM PAS518526.1-\*07/31/03 1:12 PM

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 7月31日

出願番号  
Application Number:

特願2002-223819

[ST.10/C]:

[JP2002-223819]

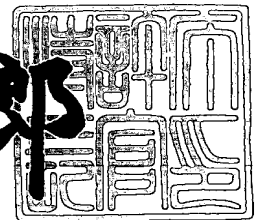
出願人  
Applicant(s):

富士通テン株式会社

2003年 4月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3029161

【書類名】 特許願

【整理番号】 1024052

【提出日】 平成14年 7月31日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01C 3/06  
G06T 7/00

【発明の名称】 パターンマッチング処理方法及び画像処理装置

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区御所通 1 丁目 2 番 2 8 号 富士通テ  
ン株式会社内

【氏名】 太田 明宏

【特許出願人】

【識別番号】 000237592

【氏名又は名称】 富士通テン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077517

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 敬

【電話番号】 03-5470-1900

【選任した代理人】

【識別番号】 100092624

【弁理士】

【氏名又は名称】 鶴田 準一

【選任した代理人】

【識別番号】 100113826

【弁理士】

【氏名又は名称】 倉地 保幸

【選任した代理人】

【識別番号】 100082898

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 雅也

【選任した代理人】

【識別番号】 100081330

【弁理士】

【氏名又は名称】 樋口 外治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814498

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターンマッチング処理方法及び画像処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステレオ撮像された左画像と右画像とから、それぞれ所定範囲を有する左領域と右領域とを生成する領域生成ステップと、

前記左領域又は前記右領域に含まれる画素間に、補間画素を生成する画素生成ステップと、

前記左領域と前記右領域とによりパターンマッチングを行うパターンマッチングステップと、

を有するパターンマッチング処理方法。

【請求項 2】 前記パターンマッチングステップにおいて、前記補間画素を含む前記左領域及び前記右領域に基づいてパターンマッチングを行うことを特徴とする請求項 1 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 3】 前記パターンマッチングステップにおいて、前記左領域と前記補間画素を補間された前記右領域とに基づいてパターンマッチングを行うことを特徴とする請求項 1 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 4】 前記画素生成ステップにおいて、前記左領域と前記右領域とに基づくパターンマッチングによりマッチング位置が特定された画素を中心に含む左領域及び右領域に対して画素補間を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 5】 前記画素生成ステップにおいて、前記左領域と前記右領域とに基づくパターンマッチングによりマッチング位置が特定された画素を中心に含む右領域に対して画素補間を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 6】 前記画素生成ステップにおいて、前記左領域又は前記右領域の横方向に隣接する 2 画素間に画素補間した後、当該補間位置に係る縦方向に隣接する 2 画素間に画素補間することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 7】 前記画素生成ステップにおいて、前記左領域又は前記右領域

の横方向に隣接する 2 画素間に画素補間した後、縦方向に隣接する 2 画素間について、当該補間位置に係る周囲複数画素の平均値に基づいて当該補間位置に画素補間することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 8】 前記画素生成ステップにおいて、前記平均値が求められるとき、当該補間位置に係る周囲複数画素に対して重み付けされることを特徴とする請求項 7 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 9】 前記画素生成ステップにおいて、前記平均値を求める対象となる当該補間位置に係る周囲画素の数が最も多い画素位置から画素補間を開始することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 10】 前記画素生成ステップにおいて、当該補間位置に係る周囲複数画素における既補間画素に対して 1 未満の重み付けをして前記平均値を求めることを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか一項に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 11】 前記画素生成ステップにおいて、前記左領域及び前記右領域における横方向についてのみ、相隣り合う 2 画素に基づいて画素補間することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のパターンマッチング処理方法。

【請求項 12】 ステレオカメラで対象物体を撮像した左画像と右画像とに基づいたパターンマッチング処理により、該画像に写し出されている前記対象物体までの距離を測定する画像処理装置であって、

前記左画像と前記右画像とから、それぞれ所定範囲を有する左領域と右領域とを生成し、該左領域又は右領域に含まれる画素間に、補間画素を生成する画素生成部と、

前記左領域と前記右領域とによりパターンマッチングを行うパターンマッチング部とを有するパターンマッチング処理部と、

前記左領域と前記右領域とによるパターンマッチングによって特定されたマッチング位置に基づく、前記左画像と前記右画像とにおける位置差から前記距離を求める距離測定部と、

を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 乃至 1 1 に記載のパターンマッチング処理方法によって特定されたマッチング位置に基づく前記左画像と前記右画像とにおける位置差から前記距離を求める距離測定部を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターンマッチング処理方法及び画像処理装置に関し、特に、画像処理による複眼測距システムに関連し、ステレオカメラから取得された対象物体の撮影原画像から、画素補間を導入した左右のマッチング画像を生成してパターンマッチングを行うパターンマッチング処理方法及び画像処理装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

一般に、画像処理による 3 次元計測技術として、2 台のカメラからなるステレオカメラで、対象物体を異なる位置から撮像した一对の左右画像の相関を求め、同一対象物体に対する視差から、ステレオカメラの取り付け位置や焦点距離等のカメラパラメータを用いた三角測量の原理に従って、画像処理により距離を求める、所謂、複眼又はステレオ測距法が知られている。

【0 0 0 3】

この様な複眼測距方法の適用例を、図 9 に示した。同図に示した例では、自動車などの車両に、前方を向いたステレオカメラを搭載し、撮影されたステレオ画像に基づいて車両前方にある対象物体までの距離を測定する場合を示している。

【0 0 0 4】

複眼測距システムは、車両前方を向いて設置された左カメラ 1 と右カメラ 2 の 2 台 1 組を備えたステレオカメラと、画像処理装置 3 とからなり、画像処理装置 3 で得られた対象物体までの距離情報は、例えば、緊急停止を指示するなどの車両制御装置 4、運転者に前方車両との距離を知らせるなどの警報装置 5 に送信されるようになっている。

【0 0 0 5】

画像処理装置 3 は、パターンマッチング部 3 1、距離測定部 3 2、物体認識ロジック部 3 3 を備えている。図 9 では、画像処理の主要部を示したものであって、図示していないが、左カメラ 1 と右カメラ 2 で車両前方の対象物体を撮像した画像に対する入力処理を行う画像入力部、この画像入力部で処理した撮像画像を原画像として格納する原画像メモリ、原画像を処理して生成された距離画像を格納する距離画像メモリ等が備えられている。

## 【 0 0 0 6 】

距離画像から得られる 1 画素単位での距離情報に対し、各種認識処理を行う認識処理部等から構成されている。

## 【 0 0 0 7 】

ステレオカメラを構成する 2 台の左カメラ 1 と右カメラ 2 は、互いに、同期が取れ、且つ、シャッタースピード可変の CCD カメラであり、一方の CCD カメラをステレオ処理の際の基準画像を撮像するメインカメラ、他方の CCD カメラをステレオ処理の際の比較画像を撮像するサブカメラとして、所定の基線長で互いの撮像面垂直軸が平行となるよう配置されている。

## 【 0 0 0 8 】

画像入力部には、各カメラ 1、2 からの 2 系統のアナログ撮像信号を処理するためのアンプや A/D コンバータ等の画像処理の各種機能回路が備えられ、さらに、各カメラ 1、2 の機械的な光学位置の僅かなずれを電氣的に補正するための画像調整回路を備えたものであり、各カメラ 1、2 からの撮像画像を所定の輝度階調のデジタル画像データに変換し、画像調整によって各カメラ 1、2 の機械的な取り付け位置の誤差を補正して原画像メモリに格納する。

## 【 0 0 0 9 】

パターンマッチング部 3 1 は、加算器、差分器、絶対値演算回路等の処理のための各種回路やメモリ等から構成され、原画像メモリに格納された左画像及び右画像の一对の原画像から小領域の左右のパターンマッチング画像を生成し、各パターンマッチング画像に従って互いの相関を求めるステレオパターンマッチングを行う。

## 【 0 0 1 0 】



距離測定部 3 2 は、パターンマッチング部 3 1 で得られたマッチング結果に基づき、撮影された対象物体までの距離に応じて生じる原画像中の画素のズレ（＝視差）を測定し、カメラパラメータを参照して原画像中に撮影されている対象物体までの距離データを生成する。

## 【 0 0 1 1 】

物体認識ロジック部 3 3 では、距離測定部 3 2 で生成された距離データに基づいて、原画像に撮影された対象物体が、例えば、前方車両であるかどうかの判定が行われる。この判定結果は、運転支援、危険回避などのための車両走行制御を行う車両制御装置 4 に送信され、また、前方車両に接近し過ぎなどを運転者に報知する警報装置 5 に送信される。

## 【 0 0 1 2 】

以上のように構成された画像処理装置 3 において、パターンマッチング部 3 1 で生成されるパターンマッチング画像の例を、図 1 0 に示した。図 1 0 では、パターンマッチング画像が、縦 3、横 3 による 3 × 3 パターンの 9 個の画素から構成されており、ステレオカメラで撮影された原画像からパターンマッチング処理のために切り出されたものである。図 1 0 ( a ) は、左カメラ 1 により撮影された左原画像から切り出されパターンマッチング画像のパターンを表し、( b ) は、右カメラ 2 により撮影された右原画像から切り出されたパターンマッチング画像のパターンを表している。ここで、画素 1 つを楕円 1 つに対応させて示している。

## 【 0 0 1 3 】

これらのパターンマッチング画像をパターンマッチングするときには、例えば、左原画像を基準画像とし、右原画像を比較画像として位置付けたとすると、左原画像から切り出された図 1 0 ( a ) のパターンマッチング画像に対して、右原画像から 1 画素毎にずらしながら切り出した図 1 0 ( b ) のパターンマッチング画像を比較する。このとき、各パターンマッチング画像の相関値を演算し、その相関値の大小によって、マッチング度が判定される。

## 【 0 0 1 4 】

そこで、各パターンマッチング画像によるマッチング度判定の様子を、図 1 1

に示した。図 1 1 においても、左原画像  $X_L$  を基準画像とし、右原画像  $X_R$  を比較画像として位置付けている。同図では、ステレオカメラで前方の対象物体  $O$  を撮影した場合を表しており、図 1 1 (a) には、左カメラ 1 によって撮影された左原画像  $X_L$  を示し、図 1 1 (b) には、右カメラ 2 によって撮影された右原画像  $X_R$  を示している。左原画像  $X_L$  には、左カメラ 1 側から見た位置の対象物体  $O_L$  が、右原画像  $X_R$  には、右カメラ 2 側から見た位置の対象物体  $O_R$  がそれぞれ映し出されている。対象物体  $O$  が、ステレオカメラから所定距離だけ離れた前方の位置にあるため、対象物体  $O$  の画像上の位置が、異なって映し出される。

## 【 0 0 1 5 】

次に、対象物体  $O$  の右端線に関して処理する場合を例にして、パターンマッチングにより両画像間の視差を求めることについて説明する。

## 【 0 0 1 6 】

先ず、左原画像  $X_L$  において、対象物体  $O_L$  の右端線上の 1 画素、例えば、図 1 0 (a) の  $3 \times 3$  パターンにおける  $p_{22}$  を中心にしたパターンマッチング画像  $PT_L$  が抽出できたとする。そこで、右原画像  $X_R$  において、パターンマッチング画像  $PT_L$  と縦方向位置が同じであるパターンマッチング画像  $PT_R$  を抽出する。このパターンマッチング画像  $PT_R$  は、同じ縦方向位置において、例えば、左側から右側へと横方向に、 $3 \times 3$  パターンのパターンマッチング画像  $PT_R$  が 1 画素毎にずらされて抽出される。

## 【 0 0 1 7 】

1 画素毎にずらされたパターンマッチング画像  $PT_R$  が抽出される都度、この画像に含まれる 9 個の画素値に基づいて、パターンマッチング画像  $PT_L$  との相関値が求められる。パターンマッチング画像  $PT_R$  を 1 画素毎にずらして得た相関値が最小となる該画像の位置をパターンマッチング画像  $PT_L$  とパターンマッチングしていると判定する。

## 【 0 0 1 8 】

パターンマッチング画像  $X_L$  とパターンマッチング画像  $X_R$  とがマッチングしていると判定できたとき、左原画像  $X_L$  におけるパターンマッチング画像  $X_L$  の中心画素  $p_{22}$  の画素位置  $P_L$  と、右原画像  $X_R$  におけるパターンマッチング画

像  $X_R$  の中心画素  $q_{22}$  の画素位置  $P_R$  とを求める。水平方向の視差を求める原理としては、画素位置  $P_L$  と画素位置  $P_R$  とから、 $(P_L - P_R)$  を求めればよいことになる。なお、垂直方向の視差についても、同様の手法で求めることができる。ステレオカメラから見た対象物体  $O$  に対する視差が求められることができれば、カメラパラメータを参照してステレオカメラから対象物体  $O$  までの距離を計算することができる。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】

以上に説明したように、複眼測距法による画像処理としては、車両に搭載したステレオカメラで撮像した画像を処理して車両前方の対象物体の3次元位置を測定する技術手法は、既に提案されている。この技術手法では、ステレオ撮像した左右の原画像から抽出された小領域の左右パターンマッチング画像をステレオマッチングすることによって、左右のパターンマッチング画像の対応するマッチング位置を特定しており、対応する左右のパターンマッチング画像の画素ずれ量を視差として出力するようにしている。

【0020】

しかしながら、従来、ステレオ画像を処理して得られる視差は、画像における1画素を単位とするものであるため、この1画素単位とする視差から三角測量によって距離を計測すると、対象物体までの距離が遠くなるにつれて分解能が荒くなることになる。

【0021】

この分解能について、図11を参照して説明する。左原画像  $X_L$  における対象物体  $O_L$  の右端線の位置は、画素位置  $P_L$  として、また、右原画像  $X_R$  における対象物体  $O_R$  の右端線の位置は、の画素位置  $P_R$  として求められており、それらの位置を、例えば、画像の左からの画素数で見たとき、 $P_L = 600$ 、 $P_R = 500$  とする。このとき、画像上の視差は、 $P_L - P_R = 100$  で表せる。

【0022】

この視差に基づいて、三角測量法による距離が、10mに相当していると算出されたとした場合でも、画素位置  $P_L$  が600と求められても、実際には、左原

画像  $X_L$  における対象物体  $O_L$  の右端線の位置は、例えば、600.5である可能性もあり、その様であるとする、視差が、100.5となっていなければならない。しかし、これに基づいて算出される距離は、例えば、9.8mとなり、誤差を生じてしまう。このような誤差は、ステレオカメラで撮影した画像から検出される視差が、画素を単位とするものであるため、三角測量の原理から、測距分解能を低下させる要因となっている。これは、画像中における他のマッチング位置を特定する際にも、共通して発生することであり、物体認識ロジック部33における対象物体の判定に大きく影響するものである。

## 【0023】

そこで、従来においては、パターンマッチング部31においてパターンマッチング処理が実行される際に、ステレオカメラで撮影された左原画像と右原画像のそれぞれにおいて、画素補間を行うことにより、分解能を向上させて測距精度を確保していた。

## 【0024】

この従来に行われている画素補間手法について、図12及び図13を参照して説明する。

## 【0025】

図12は、補間すべき位置に係る隣接8画素に基づいて画素補間を行う場合を示している。同図では、原画像において、補間すべき位置を  $x_5$  として、該位置を取り囲み、隣接する8画素  $x_1 \sim x_4$ 、 $x_6 \sim x_9$  を示している。位置  $x_5$  に画素を補間するときには、隣接8画素の画素値に基づいて、

$$x_5 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9) / 8$$

の式により、画素  $x_5$  の画素値を計算し、位置  $x_5$  に埋め込む。このとき、各画素に対する重み付けを行う場合もある。このような補間手法に従って、原画像の全面について、順次、隣接2画素間に画素補間を行う。

## 【0026】

この補間手法によると、補間画素値を求めるのに、膨大な計算量を必要とし、その結果、補間処理に長時間を要することになるので、この問題に対処するため、図13に示されるような、もう少し簡便な補間手法も採用されている。図13

(a) は、原画像の例を示し、説明を簡単にするため、原画像の画素数を  $5 \times 5$  の場合を示した。画素  $x_{11}$  から画素  $x_{55}$  ままでが配列されている。(a) の原画像を構成している各画素間に補間画素を埋め込んだ補間画像の例を (b) に示した。補間画像は、補間画素が埋め込まれた結果、 $9 \times 9$  の画素配列となっている。なお、図 1 3 (b) において、画素補間する元の画素については、太線枠で示され、細線枠が、補間画素を示している。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 3 (b) に示す補間画像を得る画素補間手法は、次のようなものである。まず、原画像の横方向に配列された 2 画素間に補間画素を順次埋め込んでいく。画素  $x_{11}$  と画素  $x_{12}$  との間に埋め込むべき補間画素  $y_{11}$  について、  

$$y_{11} = (x_{11} + x_{12}) / 2$$
 により、補間画素値  $y_{11}$  を求め、次いで、画素  $x_{12}$  と画素  $x_{13}$  との間に埋め込むべき補間画素  $y_{12}$  について、  

$$y_{12} = (x_{12} + x_{13}) / 2$$
 により、補間画素値  $y_{12}$  を求めるというように、原画像の横方向における隣接 2 画素間の画素補間を上端から下端まで順次行う。

## 【 0 0 2 8 】

これで、原画像の横方向に隣接する 2 画素間に画素補間を行ったので、次に、原画像の縦方向に隣接する 2 画素間に画素補間を行う。まず、画素  $x_{11}$  と画素  $x_{21}$  との間に埋め込むべき補間画素  $z_{11}$  について、画素位置  $z_{11}$  に隣接している既に求められた横方向の補間画素  $y_{11}$  と  $y_{21}$  を利用して、  

$$z_{11} = (x_{11} + y_{11} + x_{21} + y_{21}) / 4$$
 により、補間画素値  $z_{11}$  を求め、次いで、補間されるべき画素位置  $z_{12}$  について、既に求められている補間画素  $y_{11}$ 、 $y_{21}$  及び  $z_{11}$  を利用し、  

$$z_{12} = (x_{11} + y_{11} + x_{12} + z_{11} + x_{21} + y_{21} + x_{22}) / 7$$
 により、補間画素値  $z_{12}$  を求めるといったように、既に横方向の画素間に画素補間された補間画素を利用して、原画像の縦方向に隣接する 2 画素間に、隣接 7 画素による画素補間が行われる。このような画素補間手法により、図 1 3 (a) の原画像を画素補間すると、図 1 3 (b) に示される補間画像が得られる。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 2 に示された画素補間手法では、補間されるべき位置の画素値が、隣接する 8 画素の平均値により求められている。この画素補間手法に比較して、図 1 3 の補間画像を得るために採用された画素補間手法では、原画像の横方向に隣接する 2 画素間に対しては、隣接する 2 画素の平均値を補間画素値とし、縦方向にあっては、既算出の補間画素をも利用して、隣接する 7 画素の平均値を補間画素としているので、図 1 3 に示される画素補間手法の計算量は、大幅に減少したものとなっている。

## 【 0 0 3 0 】

しかしながら、車両に搭載する測距装置においては、運転支援、警報のために供給される測距情報は、精度が高く、速さができるだけ早いことが望まれており、ステレオ画像からパターンマッチング画像の生成にあたって、従来の画素補間手法をそのまま使用したのでは、未だ、計算量が多く、時間が掛かるという問題があった。

## 【 0 0 3 1 】

そこで、本発明は、ステレオカメラから取得された対象物体の撮影原画像から抽出された小領域の左右のパターンマッチング用画像に対し画素補間を導入することによってパターンマッチング画像を生成し、パターンマッチングを行うようにしたパターンマッチング処理方法及び画像処理装置を提供する。

## 【 0 0 3 2 】

## 【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するため、本発明では、ステレオ撮像された左画像と右画像とから、それぞれ所定範囲を有する左領域と右領域とを生成する領域生成ステップと、前記左領域又は前記右領域に含まれる画素間に、補間画素を生成する画素生成ステップと、前記左領域と前記右領域とによりパターンマッチングを行うパターンマッチングステップとを有するパターンマッチング処理方法とした。

## 【 0 0 3 3 】

そして、前記パターンマッチングステップにおいて、前記補間画素を含む前記左領域及び前記右領域に基づいてパターンマッチングを行い、或いは、前記左領

域と前記補間画素を補間された前記右領域とに基づいてパターンマッチングを行うようにした。

【0034】

さらに、前記画素生成ステップにおいて、前記左領域と前記右領域とに基づくパターンマッチングによりマッチング位置が特定された画素を中心に含む左領域及び右領域に対して画素補間を行い、前記左領域と前記右領域とに基づくパターンマッチングによりマッチング位置が特定された画素を中心に含む右領域に対して画素補間を行い、或いは、前記左領域又は前記右領域の横方向に隣接する2画素間に画素補間した後、当該補間位置に係る縦方向に隣接する2画素間に画素補間することとした。

【0035】

また、前記画素生成ステップにおいて、前記左領域又は前記右領域の横方向に隣接する2画素間に画素補間した後、縦方向に隣接する2画素間について、当該補間位置に係る周囲複数画素の平均値に基づいて当該補間位置に画素補間し、前記平均値が求められるとき、当該補間位置に係る周囲複数画素に対して重み付けされることとした。

【0036】

そして、前記画素生成ステップにおいて、当該補間位置に係る周囲複数画素における既補間画素に対して1未満の重み付けをして前記平均値を求めることとし、前記画素生成ステップでは、前記平均値を求める対象となる当該補間位置に係る周囲画素の数が最も多い画素位置から画素補間を開始することにした。

【0037】

さらに、前記画素生成ステップにおいて、前記左領域及び前記右領域における横方向についてのみ、相隣り合う2画素に基づいて画素補間することとした。

【0038】

また、本発明による画像処理装置においては、ステレオカメラで対象物体を撮像した左画像と右画像とに基づいたパターンマッチング処理により、該画像に写し出されている前記対象物体までの距離を測定する複眼測距システムに、上述したパターンマッチング処理方法を適用した画像処理装置とした。

## 【 0 0 3 9 】

本発明の画像処理装置とすることで、車両前方の対象物体までの距離を、精度よく検出することができ、しかも、検出のためのパターンマッチング処理時間を削減することができ、運転支援や警報のために、正確で、早い距離情報を提供することを実現する。

## 【 0 0 4 0 】

## 【発明の実施の形態】

次に、本発明によるパターンマッチング処理システムと画像処理装置の実施形態について、複眼測距システムにおいて、ステレオカメラから取得された対象物体の撮影原画像から、画素補間を導入したパターンマッチング処理を採用した具体例を挙げて、図 1 乃至図 8 を参照しながら説明する。

## 【 0 0 4 1 】

従来の複眼測距システムでは、パターンマッチング処理に先立ち、ステレオカメラで撮影された左右の原画像に対して、原画像全体に画素補間を施すことによって、2 倍の解像度にした補間画像とし、その左右の補間画像に基づいてパターンマッチングを実施していた。このパターンマッチング処理では、補間画像を生成するのに、多大の計算量と時間を必要とした。

## 【 0 0 4 2 】

本発明に係る複眼測距システムに適用される第 1 の実施形態におけるパターンマッチング処理では、パターンマッチングを行うときに限定して、画素補間されたパターンマッチング画像を生成し、左右のパターンマッチング画像を用いてパターンマッチングをおこなうことにより、距離精度を向上しつつ、補間画像の生成のための計算量と時間を削減するようにした。

## 【 0 0 4 3 】

第 1 の実施形態では、ステレオカメラで撮影した左右の原画像に基づくパターンマッチング処理を行うときに、図 1 0 ( a ) 及び ( b ) に示されるように、パターンマッチングするために切り出された小領域、例えば、 $3 \times 3$  の 9 画素によるパターンに対して画素補間を施すようにする。

## 【 0 0 4 4 】



図 1 には、左右の原画像から切り出された  $3 \times 3$  の 9 画素によるパターンに対して画素補間を施したパターンマッチング画像の例を示した。図 1 (a) は、図 1 0 (a) の 9 画素  $p_{11} \sim p_{33}$  に対して、図 1 (b) は、図 1 0 (b) の 9 画素  $q_{11} \sim q_{33}$  に対して、それぞれ画素補間した状態を示している。図中、画素補間の元となった画素は、太線枠で示されている。

## 【 0 0 4 5 】

図 1 で示されたパターンマッチング画像の生成に当たっては、図 1 3 に示された従来の画素補間手法が採用されている。まず、パターンマッチング処理の基準画像が図 1 0 (a) の小領域パターンとして、9 画素  $p_{11} \sim p_{33}$  が特定されたとき、横方向の隣接 2 画素間において、画素補間が行われる。これにより、6 補間画素  $a_{11} \sim a_{32}$  が求められる。次いで、9 画素  $p_{11} \sim p_{33}$  と、求められた 6 補間画素  $a_{11} \sim a_{32}$  とに基づいた 7 画素の平均値により、縦方向における 1 0 補間画素  $b_{11} \sim b_{25}$  が求められ、図 1 (a) の左パターンマッチング画像が生成される。

## 【 0 0 4 6 】

また、図 1 (b) に示された比較画像となる 9 画素  $q_{11} \sim q_{33}$  に対しても、同様の画素補間手法により、横方向の 6 補間画素  $c_{11} \sim c_{32}$  と、縦方向の 1 0 補間画素  $d_{11} \sim d_{25}$  とが求められ、図 1 (b) の右パターンマッチング画像が生成される。

## 【 0 0 4 7 】

このように、左パターンマッチング画像と右パターンマッチング画像とが生成されると、これらの画像に基づいて、 $5 \times 5$  画素パターンによるパターンマッチングが行われる。パターンマッチングにおいては、例えば、左パターンマッチング画像における画素  $p_{11}$ 、 $b_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $b_{21}$ 、 $p_{31}$ 、 $\dots$  を、右パターンマッチング画像の画素  $q_{11}$ 、 $d_{11}$ 、 $q_{21}$ 、 $d_{21}$ 、 $q_{31}$ 、 $\dots$  と比較して、各々、対応する画素値の差を求める。こうして、 $5 \times 5$  画素パターンの全体について、それぞれの画素値の差を求め、左右のパターンマッチング画像の相関度を求める。

## 【 0 0 4 8 】

次いで、右原画像から、1画素だけ横方向にずらした縦方向の3画素をさらに切り出し、この縦方向3画素と元の画素 $q_{13}$ 、 $q_{23}$ 、 $q_{33}$ とに基づいて、図示されていないが、図1(b)の右パターンマッチング画像の右端に補間画素 $c_{13}$ 、 $d_{16}$ 、 $c_{23}$ 、 $d_{26}$ 、 $c_{33}$ を付加する。ここで、次の比較画像として、1画素だけずれ、今回の補間画素を含めた $5 \times 5$ 画素パターンの画素 $c_{11} \sim c_{33}$ による右パターンマッチング画像が生成される。そこで、基準画像である図1(a)の左パターンマッチング画像と、次の比較画像である今回生成された右パターンマッチング画像とによって、パターンマッチングが行われる。

## 【0049】

順次、 $3 \times 3$ 画素パターンに対応して、1画素だけずらした $5 \times 5$ 画素パターンが生成されるように、その都度、画素補間を行って、次の比較画像となる $5 \times 5$ 画素パターンの右パターンマッチング画像を生成するようにした。そして、各右パターンマッチング画像と左パターンマッチング画像との比較において、最も相関値の低い右パターンマッチング画像が、横方向においてマッチングしていると、判断でき、原画像での横方向マッチング位置を特定できる。なお、縦方向については、比較画像である右パターンマッチング画像を1画素だけ縦方向にずらした補間画素による $5 \times 5$ 画素パターンの右パターンマッチング画像を順次生成すれば、縦方向マッチング位置を特定することができる。

## 【0050】

以上のように、第1の実施形態のパターンマッチング処理では、処理するときに、 $5 \times 5$ 画素パターンの右パターンマッチング画像を、画素補間により、順次生成するようにしたので、原画像をそのまま2倍の解像度となるように画素補間する場合に比較して、2倍の解像度を達成しつつ、パターンマッチング処理に要する計算量及び時間を減少させることができる。

## 【0051】

図1に示した左右のパターンマッチング画像の生成には、左右共に、画素補間した $5 \times 5$ 画素パターンによるパターンマッチング処理であったが、次に、第2の実施形態によるパターンマッチング処理では、基準画像となる左パターンマッチング画像については、左原画像から切り出された $3 \times 3$ 画素パターンのままと

し、比較画像となる右パターンマッチング画像については、右原画像から切り出された  $3 \times 3$  画素パターンに対して画素補間を行い、 $5 \times 5$  画素パターンによる右パターンマッチング画像を生成するようにした。図 2 (a) に、左原画像から切り出された  $3 \times 3$  画素パターンのままの左パターンマッチング画像を、図 2 (b) に、 $5 \times 5$  画素パターンに画素補間された右パターンマッチング画像を示した。右パターンマッチング画像を生成するときの画素補間手法は、図 1 の場合と同様である。

## 【0052】

図 2 に示した左右パターンマッチング画像によるパターンマッチングでは、 $3 \times 3$  の 9 画素によるパターンマッチング処理が行われる。左パターンマッチング画像の画素  $p_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $p_{31}$ 、 $\dots$ 、 $p_{32}$  に対し、右パターンマッチング画像の画素  $q_{11}$ 、 $q_{21}$ 、 $q_{31}$ 、 $\dots$ 、 $q_{33}$  が比較される。これらの比較により、左右パターンマッチング画像の相関値が求められる。

## 【0053】

次いで、次の比較画像となる右パターンマッチング画像を生成するため、図 1 の場合と同様にして、補間画素  $c_{13}$ 、 $d_{16}$ 、 $c_{23}$ 、 $d_{26}$ 、 $c_{33}$  を付加する。ここで、次の比較画像として、1 画素だけずれ、今回の補間画素を含めた  $5 \times 5$  画素パターンの画素  $c_{11} \sim c_{33}$  による右パターンマッチング画像が生成される。そこで、基準画像である図 2 (a) の左パターンマッチング画像の 9 画素  $p_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $p_{31}$ 、 $\dots$ 、 $p_{32}$  と、次の比較画像である今回生成された右パターンマッチング画像の 9 画素  $c_{11}$ 、 $c_{21}$ 、 $c_{31}$ 、 $\dots$ 、 $c_{13}$ 、 $c_{23}$ 、 $c_{33}$  とが比較される。そこで、相関値が求められる。

## 【0054】

順次、基準画像の左パターンマッチング画像では、左原画像の  $3 \times 3$  画素パターンのままとし、比較画像である右パターンマッチング画像については、1 画素だけずらした  $5 \times 5$  画素パターンが生成されるように、その都度、画素補間を行って、次の比較画像となる  $5 \times 5$  画素パターンの右パターンマッチング画像を生成するようにした。そして、各右パターンマッチング画像と左パターンマッチング画像との比較において、最も相関値の低い右パターンマッチング画像が、横方

向においてマッチングしていると、判断でき、原画像での横方向マッチング位置を特定できる。

#### 【 0 0 5 5 】

なお、縦方向については、比較画像である右パターンマッチング画像を1画素だけ縦方向にずらしていくことになり、このときに、補間画素  $d_{11} \sim d_{25}$  が利用され、 $5 \times 5$  画素パターンの右パターンマッチング画像が順次生成される。このようにして、縦方向マッチング位置を特定することができる。

#### 【 0 0 5 6 】

以上のように、第2の実施形態では、パターンマッチングするときに、比較画像である右パターンマッチング画像の生成においてのみ、画素補間を行って、 $5 \times 5$  画素パターンの右パターンマッチング画像を、順次生成するようにしたので、原画像をそのまま2倍の解像度となるように画素補間する場合に比較して、2倍の解像度を達成しつつ、左パターンマッチング画像生成には、画素補間を行わない分、さらに、パターンマッチング処理に要する計算量及び時間を減少させることができる。

#### 【 0 0 5 7 】

これまで、図1及び図2を参照して説明してきた第1及び第2の実施形態によるパターンマッチング処理においては、左右のパターンマッチング画像のパターンマッチング全てを画素補間された画像を使用して行われていた。そこで、第3の実施形態として、パターンマッチング処理の効率を向上させるため、通常の $3 \times 3$ 画素によるパターンで大方のマッチング対応位置が特定されたならば、その特定位置の周辺画素、例えば、特定位置の周辺1画素以内の小領域に対して画像補間を施して、パターンマッチング画像を生成することにした。

#### 【 0 0 5 8 】

図10(a)及び(b)に示した左右の原画像から切り出した左右の $3 \times 3$ 画素パターンにより、通常のパターンマッチング処理を行ったとき、その結果、右パターンマッチングにおけるマッチング位置として、画素  $q_{12}$  が特定されたとする。ここで、マッチング位置が画素  $q_{12}$  に特定されても、マッチングの解像度は、前のままであり、大体の位置が特定されただけということになる。そこで

、この位置が特定されれば、その位置周辺でのみ、補間画像によるパターンマッチング画像を生成し、再パターンマッチングを実施すれば、解像度を上げて、パターンマッチング処理の効率をも向上することができる。

## 【 0 0 5 9 】

図 3 には、大体の位置が特定された後に、当該位置の周辺の 1 画素を含む  $3 \times 3$  画素範囲の小領域において、画素補間を実施し、左右のパターンマッチング画像を生成した状態が示されている。図 3 (a) は、左パターンマッチング画像を、図 3 (b) は、右パターンマッチング画像をそれぞれ示している。図 3 では、横方向についてマッチングを取る場合を示している。

## 【 0 0 6 0 】

図 3 (a) 及び (b) の左右のパターンマッチング画像の生成時における画素補間手法は、図 1 の場合と同様である。図 3 (a) 及び (b) のパターンマッチング画像は、特定位置に該当する画素  $q_{12}$  に対応して、横方向に前後 1 画素に基づいて作成されている。図 3 (a) の左パターンマッチング画像では、特定位置に対応する画素は、 $p_{22}$  となる。

## 【 0 0 6 1 】

左右のパターンマッチングでは、図 3 (a) の左パターンマッチング画像を基準画像とした場合には、先ず、左パターンマッチング画像の  $3 \times 3$  画素パターンを形成する 9 画素  $b_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $b_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $b_{22}$ 、 $b_{13}$ 、 $p_{22}$ 、 $b_{23}$  と、右パターンマッチング画像の  $3 \times 3$  画素パターンを形成する比較画像となる 9 画素  $d_{11}$ 、 $q_{21}$ 、 $d_{12}$ 、 $c_{21}$ 、 $d_{22}$ 、 $d_{13}$ 、 $q_{22}$ 、 $d_{23}$  とが比較され、相関値が求められる。

## 【 0 0 6 2 】

次いで、左パターンマッチング画像の  $3 \times 3$  画素パターンを形成する 9 画素  $b_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $b_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $b_{22}$ 、 $b_{13}$ 、 $p_{22}$ 、 $b_{23}$  と、右パターンマッチング画像における次の比較画像となる 9 画素  $d_{12}$ 、 $c_{21}$ 、 $d_{22}$ 、 $d_{13}$ 、 $q_{22}$ 、 $d_{23}$ 、 $c_{22}$ 、 $d_{24}$  とが比較され、相関値が求められる。

## 【 0 0 6 3 】

右パターンマッチング画像から、さらに次の比較画像を生成し、相関値を求め

る。そして、左パターンマッチング画像から次の基準画像を生成し、右パターンマッチング画像から順次生成された比較画像とマッチングを取っていく。この様にして、求められた相関値の中で、最も低いものが、マッチング位置となる。

## 【 0 0 6 4 】

そのため、原画像から生成した  $3 \times 3$  画素パターンによる通常のパターンマッチングで得られた特定マッチング位置周辺のみを、さらに、画素補間によるパターンマッチング画像でパターンマッチングを実施するようにしたので、計算量や時間を大きくかけることなく、解像度を向上することができる。

## 【 0 0 6 5 】

図 3 に示した第 3 の実施形態による左右のパターンマッチング画像の生成においては、基準画像となる左パターンマッチング画像と、比較画像となる右パターンマッチング画像との双方に画素補間を施したが、図 4 に示した第 4 の実施形態では、(a) に示されるように、基準画像となる左パターンマッチング画像は、通常のパターンマッチングを行ったときの左原画像から切り出した 9 画素パターンのままとし、(b) に示されるように、比較画像が生成される右パターンマッチング画像に対してのみ、画素補間を施した。

## 【 0 0 6 6 】

左右のパターンマッチングでは、まず、左パターンマッチング画像の  $3 \times 3$  画素パターンを形成する 9 画素  $p_{11}$ 、 $p_{21}$ 、 $p_{31}$ 、 $p_{12}$ 、 $p_{22}$ 、 $p_{32}$ 、 $p_{32}$ 、 $p_{33}$  と、右パターンマッチング画像の  $3 \times 3$  画素パターンを形成する比較画像となる 9 画素  $d_{11}$ 、 $q_{21}$ 、 $d_{12}$ 、 $c_{21}$ 、 $d_{22}$ 、 $d_{13}$ 、 $q_{22}$ 、 $d_{23}$  とが比較され、相関値が求められる。

## 【 0 0 6 7 】

次いで、左パターンマッチング画像の基準画像はそのまま、右パターンマッチング画像における次の比較画像となる 1 画素分ずれた 9 画素  $d_{12}$ 、 $c_{21}$ 、 $d_{22}$ 、 $d_{13}$ 、 $q_{22}$ 、 $d_{23}$ 、 $c_{22}$ 、 $d_{24}$  とが比較され、相関値が求められる。

## 【 0 0 6 8 】

右パターンマッチング画像から、さらに次の比較画像が順次生成され、相関値

が求められる。この様にして、求められた相関値の中で、最も低いものが、マッチング位置となる。

#### 【 0 0 6 9 】

そのため、原画像から生成した  $3 \times 3$  画素パターンによる通常のパターンマッチングで得られた特定マッチング位置周辺において、さらに、比較画像の生成に対してのみ、画素補間によるパターンマッチング画像を使用したパターンマッチングを実施するようにしたので、図 3 の場合のパターンマッチング処理より、さらに計算量や時間を減少させることができ、しかも、解像度を向上することができる。

#### 【 0 0 7 0 】

これまで説明してきた第 1 乃至第 4 の実施形態によるパターンマッチング処理では、左右のパターンマッチング画像を生成する際に、画素補間を、左右の原画像から切り出された画素パターンにどのように適用するのかが中心であり、そこで適用された画素補間は、基本的には、図 1 0 に示された従来の画素補間手法によるものであった。従来の画素補間手法においては、画素補間されるべき当該位置に係る周辺画素に基づいて、その周辺画素値から単純平均で算出された画素値を補間画素値とするものであった。この従来の画素補間手法における周辺画素による単純平均では、補間画素値が、実際に反映したものとならない可能性がある。

#### 【 0 0 7 1 】

そこで、従来の画素補間手法における周辺画素の平均の取り方を工夫して、画素補間による誤差の影響を軽減した画素補間手法の実施形態について、以下に説明する。

#### 【 0 0 7 2 】

図 5 は、図 1 0 ( a ) に示された左原画像から切り出された  $3 \times 3$  画素パターンに対して、本実施形態の第 1 の画素補間手法を適用して、 $5 \times 5$  画素による左パターンマッチング画像を生成した場合を示している。

#### 【 0 0 7 3 】

先ず、 $3 \times 3$  画素パターンにおける横方向の隣接 2 画素間に画素補間する仕方

は、従来の画素補間手法と同様であり、画素  $p_{11}$  と画素  $p_{12}$  の平均値から、補間画素  $a_{11}$  を求めるといように、順に横方向の補間画素  $a_{12} \sim a_{32}$  を求めていく。

## 【0074】

次いで、 $3 \times 3$  画素パターンにおける縦方向の隣接 2 画素間に画素補間を行うことになるが、従来の画素補間手法では、図 5 の画素パターンでいえば、画素補間されるべき補間開始位置が、端の画素位置  $e_{11}$  であったのに対し、本実施形態の画素補間手法では、縦方向の隣接 2 画素間に画素補間する開始位置を画素位置  $e_{13}$  とした。これは、画素位置  $e_{11}$  から補間開始すると、この時点では平均対象となる画素数が少ないため、平均の元となる画素数が多い位置から開始するようにしたことによる。

## 【0075】

画素位置  $e_{13}$  に補間されるべき画素値を、

$$e_{13} = (a_{11} + p_{12} + a_{12} + a_{21} + p_{22} + a_{22}) / 6$$

の式により求める。次に、画素位置  $e_{12}$  に補間されるべき画素値を、

$$e_{12} = (p_{11} + a_{11} + p_{12} + e_{13} + p_{21} + a_{21} + p_{22}) / 7$$

の式により求める。さらに、画素位置  $e_{11}$  に補間されるべき画素値を、

$$e_{11} = (p_{11} + a_{11} + e_{12} + a_{21} + p_{21}) / 5$$

の式により求める。次に、画素位置  $e_{14}$  の画素値を求めるといように、順次、平均に関与する画素数の多い位置から補間画素値を求めていく。他の横方向画素位置  $e_{21} \sim e_{25}$  でも同様に処理される。

## 【0076】

ここで述べた本実施形態の画素補間手法では、縦方向に係る隣接 2 画素間に画素補間する際の補間開始位置を、平均値の元となる対象画素数が画素位置からとした。この平均値は、複数画素値の単純平均であったが、補間画素による誤差の影響をできるだけ少なくするため、次の実施形態である第 2 の画素補間手法として、さらに、平均値の元になる複数の対象画素値に含まれている補間画素値に対して、重み付けを付加することとした。これは、画素補間された画素を含めて平均値を求めるとき、そのまま使用したのでは、実在する画素と同等の評価をした



ことになり、補間画素に内在する誤差の影響が出ること抑制するためである。  
その補間画素値を求める際に重み付けした場合の具体例を、図 6 に示した。

## 【 0 0 7 7 】

図 6 は、図 1 0 ( a ) に示した左原画像の 3 × 3 画素パターンから画素補間を施した場合を示しているが、横方向における隣接 2 画素間の画素補間は、図 5 に示した左パターンマッチング画像の生成の場合と同様である。縦方向に係る隣接 2 画素間に画素補間するときの補間手順は、図 5 に示したパターンマッチング画像を生成するときと同様であるが、例えば、画素補間位置  $f_{13}$  の補間画素値を求めるには、

$$f_{13} = (a_{11} / 2 + p_{12} + a_{12} / 2 + a_{12} / 2 + p_{22} + a_{22} / 2) / 4$$

の式のように、補間画素値  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$  に対して、 $1/2$  の重み付けを行っている。 $1/2$  に重み付けしたことにより、平均化する画素数は、6 個から 4 個に減らされている。

## 【 0 0 7 8 】

なお、ここで採用している  $1/2$  の重み付けは、1 例である。実在する画素に対して小さくなるように重み付けされればよく、1 未満の重み付けとなる。

## 【 0 0 7 9 】

この様に、第 2 の画素補間手法では、縦方向に係る隣接 2 画素間に画素補間するときの平均化において、含まれる補間画素値を実在する画素に対して重み付けたので、生成されたパターンマッチング画像によるパターンマッチング処理の信頼性を向上させることができる。

## 【 0 0 8 0 】

上述した第 1 及び第 2 の画素補間手法では、縦方向に係る隣接 2 画素間の位置に画素補間するのに、周囲 8 画素による平均値を補間画素値とした。これに対して、この隣接 2 画素間の位置に画素補間する際に、さらに、簡便な手順とした第 3 の画素補間手法について、図 7 を参照して説明する。

## 【 0 0 8 1 】

図 7 は、図 1 0 ( a ) に示した左原画像の 3 × 3 画素パターンから画素補間を

施した場合を示している。横方向における隣接 2 画素間の補間画素  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $a_{31}$ 、 $a_{32}$  の求め方は、図 5 に示した左パターンマッチング画像の生成の場合と同様であるが、左原画像の縦方向において隣接する 2 画素間を画素補間するときには、例えば、画素  $p_{11}$  と画素  $p_{21}$  との間に画素補間するには、

$$g_{11} = (p_{11} + p_{21}) / 2$$

の式により、補間画素値  $g_{11}$  を求める。同様にして、補間位置  $g_{13}$ 、 $g_{15}$ 、 $g_{21}$ 、 $g_{23}$ 、 $g_{25}$  について、その上下にある実在の画素に基づいて、それぞれの補間画素値を求める。

#### 【 0 0 8 2 】

次いで、画素補間すべき補間画素位置  $h_{12}$ 、 $h_{14}$ 、 $h_{22}$ 、 $h_{24}$  の補間画素値を求めるには、それぞれの補間画素位置に係る上下左右の 4 画素値の平均値を計算する。例えば、画素位置  $h_{12}$  の補間画素値を求めるには、

$$h_{12} = (a_{11} + f_{11} + f_{13} + a_{21}) / 4$$

の式により計算する。他の画素位置に係る補間画素値が、同様の手順で計算される。

#### 【 0 0 8 3 】

以上の様に、第 3 の画素補間手順によれば、第 1 及び第 2 の画素補間手段に比較して、原画像の縦方向に係る 2 画素間の画素補間において、周囲 8 画素の平均による手法から上下左右の 4 画素の平均による手法としたので、パターンマッチング処理時間を低減することができた。

#### 【 0 0 8 4 】

なお、図 7 に示したパターンマッチング画像の生成における第 3 の画素補間手法においても、図 6 に示した第 2 の画素補間手法における重み付け平均の考え方を取り入れ、第 4 の画素補間手法とすることができる。第 4 の画素補間手法では、補間画素位置  $h_{12}$ 、 $h_{14}$ 、 $h_{22}$ 、 $h_{24}$  の補間画素値を求めるとき、上下左右の画素が、いずれも実在しない補間画素であるため、特定の重み付けをすることにより、平均化時に、誤差をそのまま取り込むことがないようにしている。

## 【 0 0 8 5 】

例えば、重み付けを  $1/2$  とすると、画素位置  $h_{12}$  の補間画素値は、

$$h_{12} = (a_{11}/2 + f_{11}/2 + f_{13}/2 + a_{21}/2) / 2$$

の式により求められる。他の画素位置に係る補間画素値についても、同様の手順で求められる。

## 【 0 0 8 6 】

これまで説明した第 1 乃至第 4 の画素補間手法では、ステレオカメラで撮影された左右の原画像から切り出された、図 10 (a) 及び (b) に示される  $3 \times 3$  画素パターンを構成する 9 画素に基づいて、その画素間に画素補間することにより左右のパターンマッチング画像を生成するものであった。

## 【 0 0 8 7 】

しかしながら、ステレオカメラで撮影された原画像が、インターレース方式によって撮像されている場合には、1 フレームにおける原画像の縦方向に関して、1 画素ずつ間隔を開けて、横方向の画素配列がなされている。つまり、1 画素の間隔にあるべき横方向の画素配列は、次のフレームで撮像されているので、原画像の 1 画面分の横方向画素配列を取得するには、2 フレーム分の取得時間を要することになる。そこで、原画像において、縦方向には、検出精度を期待しない場合には、画素補間する際に、上下方向の画素成分を用いなくて、横方向成分のみを用いて画素補間を行うのが第 5 の画素補間手法である。第 5 の画素補間手法による左パターンマッチング画像の生成例を図 8 に示した。

## 【 0 0 8 8 】

第 5 の画素補間手法では、インターレース方式で撮影された 1 原画像における横方向に係る隣接 2 画素間でのみ画素補間が行われるので、 $3 \times 3$  画素パターンの画素  $p_{11} \sim p_{33}$  に基づいて、6 補間画素値  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $a_{31}$ 、 $a_{32}$  が求められればよい。

## 【 0 0 8 9 】

例えば、補間画素値  $a_{11}$  を求める場合には、画素  $p_{11}$  と画素  $p_{12}$  とにより、

$$a_{11} = (p_{11} + p_{12}) / 2$$

の式で当該補間画素値が求められる。他の補間画素値についても、隣接する 2 画素値から、同様の式で求められる。

#### 【0090】

この様に、第 5 の画素補間手法によれば、原画像がインターレース方式の画像である場合には、簡便な仕方でパターンマッチング画像が生成されるので、横方向の検出精度を確保したままで、処理時間を大幅に短縮することができる。

#### 【0091】

以上に説明してきた第 1 乃至第 5 の画素補間手法を、ステレオカメラで撮影された左右の原画像から左右のパターンマッチング画像を生成するときに適用することにより、パターンマッチング処理における解像度を確保した上で、処理時間を減少させることができる。

#### 【0092】

##### 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、パターンマッチングするときに、パターンマッチング部分について、原画像から画素補間を施し、パターンマッチング画像を生成するパターンマッチング処理としたので、画像の解像度を確保したままで、パターンマッチング処理に要する時間を短縮でき、原画像をそのまま画素補間してパターンマッチング画像を保存しておく保存用メモリを設置する必要性がなくなる。

#### 【0093】

また、本発明によるパターンマッチング処理方法を、複眼測距システムに適用することにより、距離測定の精度を向上することができる。

#### 【0094】

本発明のパターンマッチング処理方法では、大よその視差位置を特定した後に、その位置に対する画素補間したパターンマッチング画像を生成してパターンマッチングを実施したので、例えば、従来の画素補間手法では、 $640 \times 480$  画像  $\times 2$  の処理が必要であったのに対し、 $3 \times 3$  の  $100$  画像  $\times 2$  の処理で済むことになり、原画像の全画像を画素補間画像に置き換える処理時間を削減することができる。

## 【 0 0 9 5 】

さらに、本発明のパターンマッチング処理方法では、大よその視差位置を特定した後に、その位置に対する画素補間した右パターンマッチング画像のみを生成してパターンマッチングを実施したので、例えば、従来の手法では、 $640 \times 480$  画像の処理が必要であったのに対し、 $3 \times 3$  の  $100$  画像の処理で済むことになり、原画像の全画像を画素補間画像に置き換える処理時間を削減することができる。

## 【 0 0 9 6 】

また、本発明のパターンマッチング処理方法では、原画像から切り出した画素パターンに画素補間して、パターンマッチング画像を生成する際に、周囲画素に重み付けして平均化することにより補間画素値を求めるようにしたので、画素補間による誤差を軽減することができた。

## 【 0 0 9 7 】

本発明のパターンマッチング処理方法では、原画像から切り出した画素パターンに画素補間してパターンマッチング画像を生成するとき、補間画素値が、補間位置の上下、左右の実在する画素にのみ基づいた平均値としたので、画素補間できる範囲が広くなり、正確な画素補間を行うことが可能となる。

## 【 0 0 9 8 】

ステレオカメラの撮像が、特に、インターレース方式である場合には、左右の実在する画素に基づいた画素補間を実施して、パターンマッチング画像の生成をするようにしたので、正確な画素補間を可能とした。

## 【 0 0 9 9 】

以上のような本発明によるパターンマッチング処理方法を、複眼測距システムに適用した画像処理装置とすることにより、車両前方の対象物体までの距離を、精度よく検出することができ、しかも、検出のためのパターンマッチング処理時間を削減することができるので、運転支援や警報のために、正確で、早い距離情報を提供することができ、車両の安全運転に資するものである。

## 【 0 1 0 0 】

なお、本明細書では、説明が明確にかつ煩雑とならないように、左画像、右画

像、左領域、右領域等、左右を規定して説明したが、左右の処理等を全く入れ換えても同様の動作となり、その場合も、本発明の範疇に入ることは、明白である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施形態の画素補間画像によるパターンマッチング例の様子を説明する図である。

【図 2】

第 2 実施形態の画素補間画像によるパターンマッチング例の様子を説明する図である。

【図 3】

第 3 実施形態の画素補間画像によるパターンマッチング例の様子を説明する図である。

【図 4】

第 4 実施形態の画素補間画像によるパターンマッチング例の様子を説明する図である。

【図 5】

本実施形態による第 1 の画素補間手法によるパターンマッチング画像の作成例を説明する図である。

【図 6】

本実施形態による第 2 の画素補間手法によるパターンマッチング画像の作成例を説明する図である。

【図 7】

本実施形態による第 3 及び第 4 の画素補間手法によるパターンマッチング画像の作成例を説明する図である。

【図 8】

本実施形態による第 5 の画素補間手法によるパターンマッチング画像の作成例を説明する図である。

【図 9】

左右画像による複眼測距システムの画像処理装置の概略ブロック構成を説明する図である。

【図 1 0】

パターンマッチングに用いられる左右画像の例を示す図である。

【図 1 1】

左右画像によるパターンマッチングの様子を説明する図である。

【図 1 2】

従来の画像処理における画素補間を説明する図である。

【図 1 3】

両隣接画素に基づく従来の画素補間を説明する図である。

【符号の説明】

- 1 … 左カメラ
- 2 … 右カメラ
- 3 … 画像処理装置
  - 3 1 … パターンマッチング部
  - 3 2 … 距離測定部
  - 3 3 … 物体認識ロジック部
- 4 … 車両制御装置
- 5 … 警報装置

【書類名】 図面

【図 1】

図 1

(a)

p <sub>11</sub>	a <sub>11</sub>	p <sub>12</sub>	a <sub>12</sub>	p <sub>13</sub>
b <sub>11</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>13</sub>	b <sub>14</sub>	b <sub>15</sub>
p <sub>21</sub>	a <sub>21</sub>	p <sub>22</sub>	a <sub>22</sub>	p <sub>23</sub>
b <sub>21</sub>	b <sub>22</sub>	b <sub>23</sub>	b <sub>24</sub>	b <sub>25</sub>
p <sub>31</sub>	a <sub>31</sub>	p <sub>32</sub>	a <sub>32</sub>	p <sub>33</sub>

(b)

q <sub>11</sub>	c <sub>11</sub>	q <sub>12</sub>	c <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>
d <sub>11</sub>	d <sub>12</sub>	d <sub>13</sub>	d <sub>14</sub>	d <sub>15</sub>
q <sub>21</sub>	c <sub>21</sub>	q <sub>22</sub>	c <sub>22</sub>	q <sub>23</sub>
d <sub>21</sub>	d <sub>22</sub>	d <sub>23</sub>	d <sub>24</sub>	d <sub>25</sub>
q <sub>31</sub>	c <sub>31</sub>	q <sub>32</sub>	c <sub>32</sub>	q <sub>33</sub>

【図 2】

図 2

(a)

p <sub>11</sub>	p <sub>12</sub>	p <sub>13</sub>
p <sub>21</sub>	p <sub>22</sub>	p <sub>23</sub>
p <sub>31</sub>	p <sub>32</sub>	p <sub>33</sub>

(b)

q <sub>11</sub>	c <sub>11</sub>	q <sub>12</sub>	c <sub>12</sub>	q <sub>13</sub>
d <sub>11</sub>	d <sub>12</sub>	d <sub>13</sub>	d <sub>14</sub>	d <sub>15</sub>
q <sub>21</sub>	c <sub>21</sub>	q <sub>22</sub>	c <sub>22</sub>	q <sub>23</sub>
d <sub>21</sub>	d <sub>22</sub>	d <sub>23</sub>	d <sub>24</sub>	d <sub>25</sub>
q <sub>31</sub>	c <sub>31</sub>	q <sub>32</sub>	c <sub>32</sub>	q <sub>33</sub>



【図 3】

図 3

(a)

$b_{11}$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{14}$	$b_{15}$
$p_{21}$	$a_{21}$	$p_{22}$	$a_{22}$	$p_{23}$
$b_{21}$	$b_{22}$	$b_{23}$	$b_{24}$	$b_{25}$

(b)

$d_{11}$	$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{14}$	$d_{15}$
$q_{21}$	$c_{21}$	$q_{22}$	$c_{22}$	$q_{23}$
$d_{21}$	$d_{22}$	$d_{23}$	$d_{24}$	$d_{25}$

【図 4】

図 4

(a)

$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$
$p_{21}$	$p_{22}$	$p_{23}$
$p_{31}$	$p_{32}$	$p_{33}$

(b)

$d_{11}$	$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{14}$	$d_{15}$
$q_{21}$	$c_{21}$	$q_{22}$	$c_{22}$	$q_{23}$
$d_{21}$	$d_{22}$	$d_{23}$	$d_{24}$	$d_{25}$

【図 5】

図 5

$p_{11}$	$a_{11}$	$p_{12}$	$a_{12}$	$p_{13}$
$e_{11}$	$e_{12}$	$e_{13}$	$e_{14}$	$e_{15}$
$p_{21}$	$a_{21}$	$p_{22}$	$a_{22}$	$p_{23}$
$e_{21}$	$e_{22}$	$e_{23}$	$e_{24}$	$e_{25}$
$p_{31}$	$a_{31}$	$p_{32}$	$a_{32}$	$p_{33}$

【図6】

図6

$p_{11}$	$a_{11}$	$p_{12}$	$a_{12}$	$p_{13}$
$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	$f_{14}$	$f_{15}$
$p_{21}$	$a_{21}$	$p_{22}$	$a_{22}$	$p_{23}$
$f_{21}$	$f_{22}$	$f_{23}$	$f_{24}$	$f_{25}$
$p_{31}$	$a_{31}$	$p_{32}$	$a_{32}$	$p_{33}$

【図7】

図7

$p_{11}$	$a_{11}$	$p_{12}$	$a_{12}$	$p_{13}$
$g_{11}$	$h_{12}$	$g_{13}$	$h_{14}$	$g_{15}$
$p_{21}$	$a_{21}$	$p_{22}$	$a_{22}$	$p_{23}$
$g_{21}$	$h_{22}$	$g_{23}$	$h_{24}$	$g_{25}$
$p_{31}$	$a_{31}$	$p_{32}$	$a_{32}$	$p_{33}$

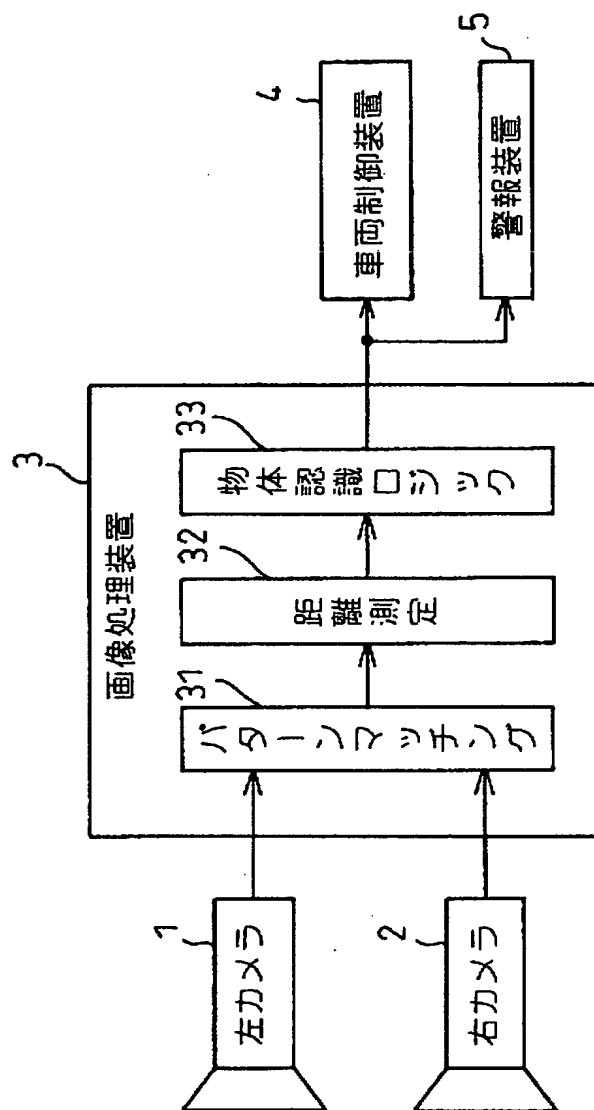
【図8】

図8

$p_{11}$	$a_{11}$	$p_{12}$	$a_{12}$	$p_{13}$
$p_{21}$	$a_{21}$	$p_{22}$	$a_{22}$	$p_{23}$
$p_{31}$	$a_{31}$	$p_{32}$	$a_{32}$	$p_{33}$

【図9】

図9



【図 1 0】

図 10

(a)

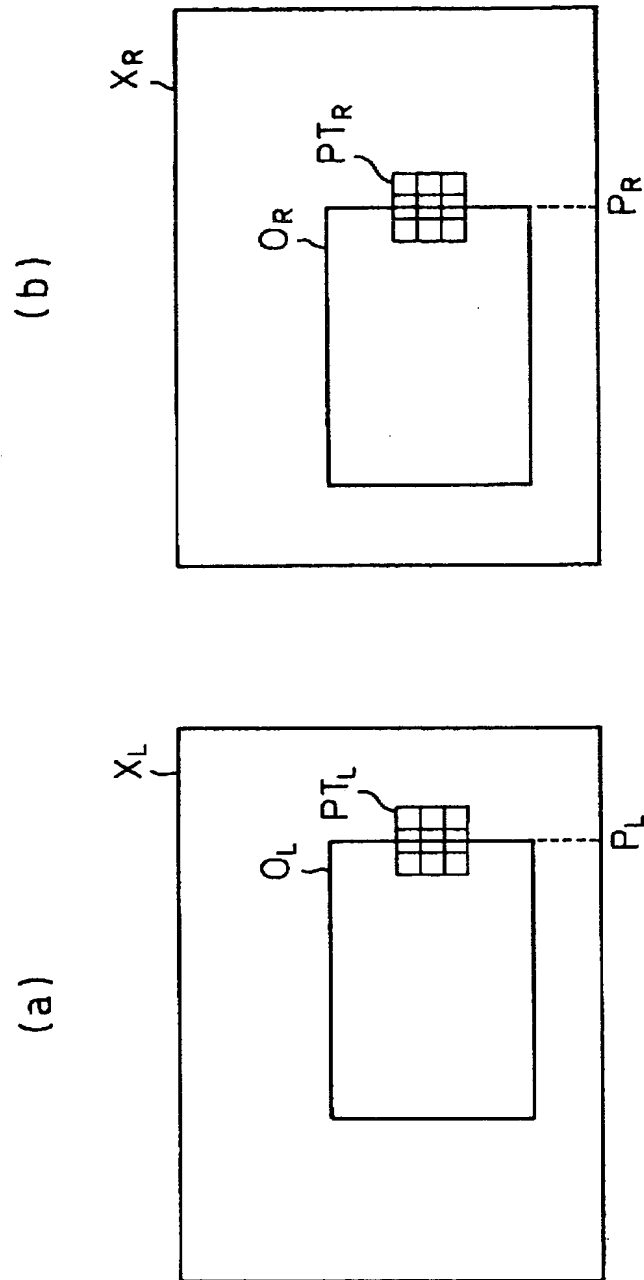
$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$
$p_{21}$	$p_{22}$	$p_{23}$
$p_{31}$	$p_{32}$	$p_{33}$

(b)

$q_{11}$	$q_{12}$	$q_{13}$
$q_{21}$	$q_{22}$	$q_{23}$
$q_{31}$	$q_{32}$	$q_{33}$

【図 11】

図 11



【図 1 2】

図12

X 1	X 2	X 3
X 4	X 5	X 6
X 7	X 8	X 9

【図13】

図13

(a)

X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>
X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>
X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	X <sub>35</sub>
X <sub>41</sub>	X <sub>42</sub>	X <sub>43</sub>	X <sub>44</sub>	X <sub>45</sub>
X <sub>51</sub>	X <sub>52</sub>	X <sub>53</sub>	X <sub>54</sub>	X <sub>55</sub>

(b)

X <sub>11</sub>	Y <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	Y <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	Y <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	Y <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>
Z <sub>11</sub>	Z <sub>12</sub>	Z <sub>13</sub>	Z <sub>14</sub>	Z <sub>15</sub>	Z <sub>16</sub>	Z <sub>17</sub>	Z <sub>18</sub>	Z <sub>19</sub>
X <sub>21</sub>	Y <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	Y <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	Y <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	Y <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>
Z <sub>21</sub>	Z <sub>22</sub>	Z <sub>23</sub>	Z <sub>24</sub>	Z <sub>25</sub>	Z <sub>26</sub>	Z <sub>27</sub>	Z <sub>28</sub>	Z <sub>29</sub>
X <sub>31</sub>	Y <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	Y <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	Y <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	Y <sub>34</sub>	X <sub>35</sub>
Z <sub>31</sub>	Z <sub>32</sub>	Z <sub>33</sub>	Z <sub>34</sub>	Z <sub>35</sub>	Z <sub>36</sub>	Z <sub>37</sub>	Z <sub>38</sub>	Z <sub>39</sub>
X <sub>41</sub>	Y <sub>41</sub>	X <sub>42</sub>	Y <sub>42</sub>	X <sub>43</sub>	Y <sub>43</sub>	X <sub>44</sub>	Y <sub>44</sub>	X <sub>45</sub>
Z <sub>41</sub>	Z <sub>42</sub>	Z <sub>43</sub>	Z <sub>44</sub>	Z <sub>45</sub>	Z <sub>46</sub>	Z <sub>47</sub>	Z <sub>48</sub>	Z <sub>49</sub>
X <sub>51</sub>	Y <sub>51</sub>	X <sub>52</sub>	Y <sub>52</sub>	X <sub>53</sub>	Y <sub>53</sub>	X <sub>54</sub>	Y <sub>54</sub>	X <sub>55</sub>

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、対象物体をステレオ撮影した左右原画像による小領域の左右画素パターンに画素補間を実施した左右パターンマッチング画像によるパターンマッチング処理方法と、複眼測距システムの画像処理装置を提供する。

【解決手段】 左右原画像から抽出された所定パターンの左領域画素  $p_{11} \sim p_{33}$  と右領域画素  $q_{11} \sim q_{33}$  とにより、基準画像として、左領域の横方向 2 画素間に当該 2 画素値で補間画素  $a_{11} \sim a_{32}$  を求め、縦方向 2 画素間で当該位置の周辺複数画素値の平均で補間画素  $b_{11} \sim b_{25}$  を求め基準画像(a)を作成する。右領域も同様に補間画素  $c_{11} \sim c_{32}$  と  $d_{11} \sim d_{25}$  を求め、比較画像(b)を作成する。右原画像から 1 画素ずれた比較画像を順次作成しながら、基準画像と  $5 \times 5$  のパターンマッチングをさせ、マッチングした位置から視差を求め、該視差から三角測量により対象物体までの距離を算定する。

【選択図】 図 1